

## Battery monitoring device and method.

**Publication number:** DE69328513T

**Publication date:** 2000-08-31

**Inventor:** REHER MICHAEL T (US)

**Applicant:** C & D CHARTER HOLDINGS INC (US)

**Classification:**

- international: **G01R31/36; H01M10/48; G01R31/36; H01M10/42;**  
(IPC1-7): G01R31/36; H01M10/48

- european: G01R31/36M1; G01R31/36V1; G01R31/36V1A;  
G01R31/36V4L; G01R31/36V5; H01M10/48

**Application number:** DE19936028513T 19930217

**Priority number(s):** US19920850405 19920311

**Also published as:**



EP0560468 (A1)

US5321627 (A1)

JP6052903 (A)

EP0560468 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE69328513T

Abstract of corresponding document: **EP0560468**

A battery monitor (10) which monitors the operating parameters of a battery (12) to provide an indication of, for example, the absolute state of charge, the relative state of charge, and the capacity of the battery under battery discharge, rest, and recharge conditions. The battery monitor (10) includes a current sensor (18) for sensing battery current, a voltage sensor (20) for sensing battery voltage, and a temperature sensor (22) for sensing battery temperature. A processor (26) approximates to a high level of accuracy the battery parameters utilizing an iterative process based upon predetermined relationships, employing empirically determined constants and parameters determined in the immediately preceding iteration stored in memory. Output signals indicative of the determined parameters are provided and may be utilized for many different battery applications.

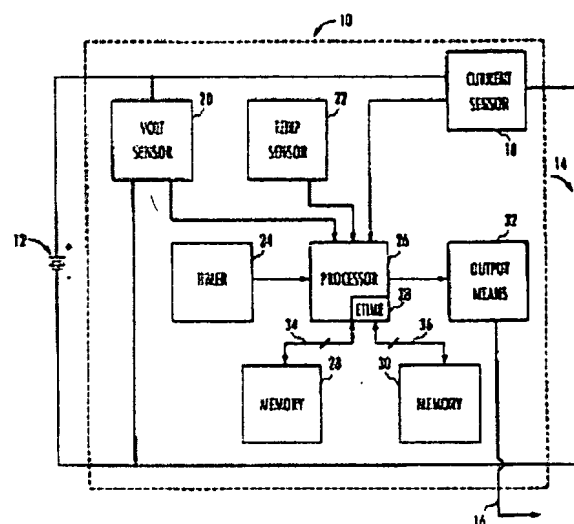


FIG. 1

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 560 468 B 1**

⑩ **DE 693 28 513 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 R 31/36**  
H 01 M 10/48

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 693 28 513.3  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 93 250 054.9  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 17. 2. 1993  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 15. 9. 1993  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 3. 5. 2000  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31. 8. 2000

**DE 693 28 513 T 2**

- ③⑩ Unionspriorität:  
850405 11. 03. 1992 US
- ⑦③ Patentinhaber:  
C&D/Charter Holdings, Inc., Wilmington, Del., US
- ⑦④ Vertreter:  
Uexküll & Stolberg, 22607 Hamburg
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, ES, FR, GB, IT

- ⑦② Erfinder:  
Reher, Michael T., Milwaukee, US

- ⑤④ Batterieüberwachungseinrichtung und -verfahren

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 693 28 513 T 2**

30.03.00

EP 0 560 468  
(93250054.9)

Die vorliegende Erfindung betrifft generell eine Batterieüberwachungseinrichtung zum Überwachen der Betriebsparameter einer Batterie, wie etwa einem Bleiakkumulator. Die vorliegende Erfindung ist insbesondere auf eine Batterieüberwachungseinrichtung gerichtet zum Überwachen der Betriebsparameter einer Batterie und zum Liefern von Ausgabesignalen, die die Betriebsparameter anzeigen, wie etwa die Batteriekapazität, den relativen Ladezustand der Batterie oder den absoluten Ladezustand der Batterie, unabhängig davon, ob die Batterie beim Entladen, beim Wiederaufladen oder in Ruhe ist. Die Batterieüberwachungseinrichtung macht, zu in Abstand zueinander liegenden Rechnungszeiten, auf Grundlage von vorgegebenen Beziehungen des gemessenen Batteriestroms, der gemessenen Batteriespannung, der gemessenen Batterietemperatur, empirisch bestimmter Konstanten und zuvor bestimmter Betriebsparameter oder von Meßwerten Abschätzungen der Betriebsparameter, die eine hohe Genauigkeit aufweisen.

Bleiakkumulatoren sind seit ihrer ersten kommerziellen Anwendung, vor etwa 125 Jahren, erheblich weiterentwickelt worden. Seit ihrer Einführung ragt der Bleiakkumulator als hochgradig effiziente und verlässliche elektrochemische Energiequelle heraus. Über die Eigenschaft, eine hocheffiziente Energiequelle zu sein, hinaus sind Bleiakkumulatoren auch relativ unempfindlich gegenüber schwächenden Temperatureffekten über einen weiten Temperaturbereich, von beispielsweise  $-4^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) bis etwa  $71^{\circ}\text{C}$  ( $160^{\circ}\text{F}$ ). Als Ergebnis ergaben sich für Bleiakkumulatoren ein breiter Bereich von Anwendungen, der sich fortgesetzt erweitert.

Die Fortbewegung ist ein Beispiel einer kommerziellen Anwendung von Bleiakkumulatoren. Solche Batterien wurden seit einiger Zeit für die Fortbewegung von Klein- oder Einzelpersonenwagen eingesetzt. Zum Beispiel wurden solche Batterien für Golfkarren, Rollstühle, Laufwagenmotoren oder ähnliche kleine Fortbewegungsmittel in effizienter Weise eingesetzt. Es gab jüngst auch

großes Interesse an der Anpassung solcher Speicherbatterien zum Bereitstellen von Energie für größere Fahrzeuge, wie etwa das sogenannte "elektrische Auto". Solche Fahrzeuge hängen in hohem Maße von der Regenerationsfähigkeit von Bleiakkumulatoren ab, um eine angemessene Leistung für die Fortbewegung über vernünftige Strecken, wie etwa 50 Meilen, ohne Notwendigkeit einer Wiederaufladung zu liefern. Für solche Anwendungen ist es für den Benutzer von offensichtlicher Bedeutung, daß ein Ziel erreicht wird, bevor die Batterien wiederaufgeladen oder ausgetauscht werden müssen. Gegenwärtig sind, wegen der Seltenheit von Elektrofahrzeugen im allgemeinen Verkehr generell keine Anlagen zum Wiederaufladen solcher Batterien vorhanden und daher müssen Fahrten sorgfältig geplant und überwacht werden. Anders gesagt besteht ein ersichtlicher Bedarf für die Überwachung des Ladezustands der Batterie oder der Batterien, um eine Anzeige, ähnlich einer Tankanzeige, für den in der Batterie oder den Batterien verbleibenden Betrag an Energie für die weitere Fortbewegung bereitzustellen.

Es gab im Stand der Technik eine Vielzahl von Vorschlägen, um eine solche Überwachung von Batterien, wie etwa von Bleiakkumulatoren, bereitzustellen. Zum Beispiel untersucht eine Anordnung den Zustand eines Akkumulators, der als Start-, Beleuchtungs- und Zündungsbatterie für einen Verbrennungsmotor verwendet wird. Diese Anordnung mißt die Batteriespannung unter Bedingungen eines offenen Stromkreises (Leerlaufzustand) und während die Batterie einer vorgegebenen Wechselstrombelastung und einer vorgegebenen Gleichstrombelastung ausgesetzt ist. Die Temperatur der Batterie wird ebenfalls überwacht. Ein Mikroprozessor verwendet das Potential im Leerlaufzustand, das gemessene Potential unter Gleichstrom- und Wechselstrombelastung und die Temperatur, um die Charakteristiken der Batterie festzustellen. Zum Beispiel wird der Innenwiderstand bestimmt und, falls er als zu groß befunden wird, wird die Batterie als schadhaft eingestuft. Leerlaufspannung, Innenwiderstand und Temperatur liefern die Eingaben für die Berechnung einer geschätzten Leistung im vollauf-

geladenen Zustand. Die Vorrichtung entlädt die Batterie dann für eine Bezugslast für etwa 15 Sekunden bei konstanter Last und mißt eine 15 Sekunden-Batteriespannung. Diese Spannung wird dann mit einer ähnlichen Spannung einer Batterie bei etwa 75 % Ladezustand unter den gleichen Bedingungen verglichen. Wenn die gemessene Spannung höher als ein in einem Computer bereitgehaltener Wert ist, wird der Batteriezustand als gut eingestuft. Als Ergebnis werden Leistungsbewertungspunkte im Hinblick auf die Bestimmung der Batterieleistungsfähigkeit aufgestellt.

Eine andere Anordnung betrifft einen Apparat zum Bestimmen des allgemeinen Ladezustands einer Batterie. Dieser Ansatz erfordert jedoch, daß die Batterie aus ihrer Schaltung herausgenommen und mit einem kalibrierten Widerstand verbunden wird, um den Ladezustand zu bestimmen. Das Verfahren macht es erforderlich, die Batterie zwei Belastungen auszusetzen, einer, die einem minimalen Stromverbrauchsniveau oder einer minimalen Belastung entspricht, und einer anderen, die einem maximalen Verbrauchsniveau oder einer maximalen Belastung entspricht. Das Verfahren beinhaltet die Überwachung des Belastungszustands zwischen den minimalen und maximalen Belastungsmöglichkeiten, die periodische Verbindung der Batterie mit einer Bezugslast, wenn die minimale Belastung an der Batterie anliegt, Messen der Spannung über die Bezugslast und Vergleichen der gemessenen Spannung mit einem Feld von vorgegebenen Niveaus, wobei jedes einem anderen Ladezustand entspricht. Der Vergleich liefert dadurch eine Anzeige des gegenwärtigen Zustands der Batterie.

Eine weitere Anordnung bestimmt den Ladezustand einer Batterie auf Grundlage der Stromintegration. Während des ersten Abschnitts der Entladung wird der Ladezustand berechnet, indem der Strom nach Kompensation der Entladungsgeschwindigkeit integriert wird. Später bei der Entladung wird der Zustand der Batterie aus der niedrigsten Untereinheitsspannung korrigiert auf die Polarisations bestimmt. Die Batteriepolarisation wird verwendet, um

30.03.00

- 4 -

eine korrigierte Batteriespannung zu berechnen, die verwendet wird, um die Entladung zu einem geeigneten Zeitpunkt zu beenden.

Eine verbesserte Batterieüberwachungseinrichtung ist im US-Patent Nr. 4 876 513 gezeigt und beschrieben, das auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragen ist. Diese Überwachungseinrichtung ist ein dynamischer Ladezustandsanzeiger für einen Akkumulator, gekennzeichnet durch eine Entladungskurve, die die verfügbare Energie der Batterie mit einer gleichzeitigen Spannung über einen weiten Bereich von Spannungsrandbedingungen mit vorgegebenen Endpunkten entsprechend voller Aufladung und praktischer Entladung für einen Ladezyklus in Beziehung setzt. Der Anzeiger enthält einen Mikroprozessor, der vorgegebene Beziehungen zwischen der gleichzeitigen Spannung und dem Ladezustand der Batterie speichert. Ein Spannungssensor und ein Stromsensor sind angeschlossen, um die Batteriespannung und den Strom zu überwachen und entsprechende Spannungs- und Stromsignale für den Mikroprozessor zu liefern. Der Mikroprozessor berechnet periodisch den Innenwiderstand der Batterie, mittlere Spannung und Strom für eine vorgegebene Entladungszeitperiode und eine korrigierte Spannung als Summe des Innenwiderstandsspannungsverlustes und der mittleren Spannung, wobei der Ladezustand als Funktion der korrigierten Batteriespannung bestimmt wird.

Obwohl die zuletzt erwähnte Batterieüberwachungseinrichtung einen herausragenden Fortschritt darstellte, besteht immer noch ein Bedarf für eine effektivere Batterieüberwachungseinrichtung. Zum Beispiel besteht ein Bedarf für eine Batterieüberwachungseinrichtung, die in der Lage ist, eine Anzeige des Batterieladezustands zu liefern, ob die Batterie beim Entladen, Wiederaufladen oder in Ruhe ist. Die zuvor erwähnte Batterieüberwachungseinrichtung, die in US-Patent Nr. 4 876 513 beschrieben ist, erfordert es, da sie auf einer Messung des Batterieinnenwiderstands beruht, daß die Batterie beim Entladen ist. Infolgedessen kann der Ladezustand der Batterie nur bestimmt werden, wenn die Batterie beim Entladen ist. Da ferner Innenwiderstandsmessungen einen

30.03.00

- 5 -

fluktuierenden Strom erfordern, sind solche Messungen Ungenauigkeiten ausgesetzt.

US-A-4 390 841 beschreibt eine Batterieüberwachungseinrichtung zum Überwachen und/oder Anzeigen der Energie, die eine Batterieleistungsquelle noch hat und/oder liefern kann, für Anwendungszwecke wie beispielsweise bei Elektrofahrzeugen. Ein mathematisches Batteriemodell bildet die Basis für die Überwachung mit einer Kapazitätsvorhersage, die aus der Messung der Entladestromstärke und gespeicherter Batterieparameter bestimmt wird. Die vorhergesagte Kapazität wird verwendet, um eine Anzeige des Ladezustands zu liefern.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft eine Batterieüberwachungseinrichtung wie in Anspruch 1 beansprucht und ein Verfahren wie in Anspruch 16 beansprucht.

Die vorliegende Erfindung schafft weiter eine Batterieüberwachungseinrichtung zur Verwendung mit einer Batterie, wobei die Batterieüberwachungseinrichtung eine Prozessoreinrichtung, eine Spannungssensoreinrichtung zum Abfühlen der Batteriespannung und zum Liefern eines Spannungssensorsignals zu der Prozessoreinrichtung und eine Stromsensoreinrichtung umfaßt zum Abfühlen des Batteriestroms und zum Liefern eines Stromsensorsignals zu der Prozessoreinrichtung. Die Prozessoreinrichtung berechnet die Nennkapazität der Batterie, die momentane Kapazität der Batterie, den durch die Batterie verbrauchten Ladezustand, einen Faktor der Batterie, den absoluten Ladezustand der Batterie und den relativen Ladezustand der Batterie. Die Batterieüberwachungseinrichtung enthält ferner eine Ausgabeeinrichtung zum Bereitstellen von Ausgabesignalen einschließlich eines Signals, das den absoluten Ladezustand der Batterie anzeigt.

30.03.00

- 6 -

Die vorliegende Erfindung schafft weiterhin ein Verfahren zum Überwachen des absoluten Ladezustands einer Batterie, das die Schritte umfaßt, eine Prozessoreinrichtung bereitzustellen, eine Spannungssensoreinrichtung bereitzustellen, die Spannung der Batterie abzufühlen und ein Spannungssensorsignal an die Prozessoreinrichtung zu liefern, und eine Stromsensoreinrichtung bereitzustellen. Das Verfahren umfaßt weiter die Schritte, den Batteriestrom abzufühlen und ein Stromsensorsignal an die Prozessoreinrichtung zu liefern, die Prozessoreinrichtung dazu zu veranlassen, die Nennkapazität der Batterie, die momentane Kapazität der Batterie, den Ladezustand der Batterie, einen Faktor der Batterie, den absoluten Ladezustand der Batterie und einen relativen Ladezustand der Batterie zu berechnen und ein Ausgabe-signal bereitzustellen, das den absoluten Ladezustand der Batterie anzeigt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die gegenwärtig bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird unten in bezug auf die Zeichnungen detailliert beschrieben, in denen:

- Figur 1 ein schematisches Blockdiagramm ist, das die Hauptkomponenten einer Batterieüberwachungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung illustriert;
- Figur 2 ein Flußdiagramm ist, das die Art und Weise zeigt, in der die Batterieüberwachungseinrichtung aus Figur 1 eingerichtet sein kann, um eine Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung zu überwachen;
- Figur 3 ein Flußdiagramm ist, das die Art und Weise illustriert, in der die Batterieüberwachungseinrichtung aus Figur 1 eingerichtet sein kann, um eine Batterie bei Entladung gemäß der vorliegenden Erfindung zu überwachen;



30.03.00

- 7 -

Figur 4 ein Flußdiagramm ist, das die Art und Weise zeigt, in der die Batterieüberwachungseinrichtung aus Figur 1 eingerichtet sein kann, um eine Batterie in Ruhe gemäß der vorliegenden Erfindung zu überwachen;

Figur 5 ein Flußdiagramm ist, das die Art und Weise zeigt, in der die Batterieüberwachungseinrichtung aus Figur 1 eingerichtet sein kann, um eine Batterie beim Wiederaufladen gemäß der vorliegenden Erfindung zu überwachen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

Es wird nun auf Figur 1 Bezug genommen, die in Form eines Blockdiagramms eine Batterieüberwachungseinrichtung 10 darstellt, die die vorliegende Erfindung verwirklicht. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 ist einer Batterie 12 zugeordnet, wie etwa einem Bleiakkumulator, und einer Last 14, die eine variable Last sein kann, wie etwa die Beleuchtungs-, Heizungs-, Betriebs-, und Startsysteme eines Automobils. Wie im folgenden ersichtlich werden wird, mißt die Batterieüberwachungseinrichtung 10, zu in Abstand zueinander liegenden Zeitintervallen, den Strom, die Spannung und die Temperatur der Batterie 12 und liefert in Reaktion auf diese gemessenen Größen Signale am Ausgang 16, die die Betriebscharakteristiken der Batterie 12 anzeigen. Die Ausgabesignale können zum Beispiel den relativen Ladezustand der Batterie anzeigen, der der Prozentsatz der unmittelbar verfügbaren Batteriekapazität bei einer spezifizierten Entladestromstärke, wie etwa der 20 Stundenrate, ist. Die Ausgabesignale können auch ein Signal liefern, das den absoluten Ladezustand der Batterie anzeigt, der der Prozentsatz der Batteriekapazität ist, die die Batterie hat, wenn man diese sich von einer kurz zurückliegenden Benutzung erholen läßt. Der absolute Ladezustand der Batterie kann auch auf der 20 Stunden Entladestromstärke basieren. Die am Ausgang 16 bereitgestellten Ausgabesignale können auch die Ausgabebatteriekapazität anzeigen, die die Menge an Ampere-Stunden

30.03.00

- 8 -

ist, die die vollaufgeladene Batterie hat, wenn sie bei einer spezifizierten Entladestromstärke, zum Beispiel der 20 Stundenrate, entladen wird. Die Ausgabesignale können ferner die verbleibende Ausgabebatteriekapazität anzeigen, die die verbleibende Menge an Ampere-Stunden ist, die die Batterie hat, wenn sie fortgesetzt bei einer spezifizierten Entladestromstärke, wie etwa der 20 Stundenrate, entladen wird. Die Ausgabesignale können ferner die Ausgabezeit zur Leerung der Batterie anzeigen, die die verbleibende Zeit ist, bis die Batterie eine spezifizierte Ausgabespannung, wie etwa 10,5 Volt, erreicht, wenn sie bei einer spezifizierten Entladestromstärke, wie etwa dem gegenwärtigen Stromniveau, entladen wird. Ein weiteres Ausgabesignal kann die erforderlichen Ampere-Stunden zur vollständigen Wiederaufladung der Batterie anzeigen. Andere Ausgabesignale können die "Zeit bis voll" anzeigen, was die Zeit ist, die erforderlich ist, um die Batterie vollständig aufzuladen, wenn die Batterie bei einer spezifizierten Rate, wie etwa beim gegenwärtigen Lade-stromniveau, wieder aufgeladen wird. Ein weiteres Ausgabesignal kann die empfohlene Aufladespannung anzeigen, die die Spannungseinstellung anzeigt, welche die Wiederaufladezeit der Batterie maximal macht, während sie die schädlichen Effekte der Wiederaufladung minimiert. Ein weiteres Ausgabesignal kann die kritische Starttemperatur anzeigen, die die niedrigste Temperatur repräsentiert, bei der die Batterie noch genügend Energie liefern kann, um bei dem gegebenen Batteriezustand einen Motor zu starten.

Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 enthält allgemein einen Stromsensor 18, einen Spannungssensor 20 und einen Temperatursensor. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 enthält weiter eine Zeitgebereinrichtung oder Uhr 24, einen Prozessor 26, einen ersten Speicher 28, einen zweiten Speicher 30 und eine Ausgabe-einrichtung 32, die die Ausgabesignale am Ausgang 16 bereitstellt.

Der Stromsensor 18 ist zwischen der Batterie 12 und der Last 14 in Reihe geschaltet, um den von der Batterie 12 gezogenen Strom abzufühlen, und kann von der Art sein, die im Stand der Technik zum Abfühlen von Strom innerhalb einer Schaltung wohlbekannt ist. Der Spannungssensor 20 ist über die Batterie 12 angeschlossen, um die Ausgangsspannung der Batterie 12 abzufühlen, und kann von der Art sein, die im Stand der Technik zum Abfühlen der Spannung einer Leistungsquelle wohlbekannt ist. Der Temperatursensor 22 kann von der Art sein, die im Stand der Technik zum Abfühlen der Temperatur der Batterie wohlbekannt ist. Alternativ kann der Temperatursensor 22, für Anwendungen, bei denen die Temperatur der Batterie bei einem bekannten konstanten Wert stabil zu halten ist, fortgelassen werden, und eine feste Temperatur kann verwendet werden, um die Ausgabesignale zu erzeugen, die die Betriebsparameter der Batterie anzeigen. Der Stromsensor 18, der Spannungssensor 20 und der Temperatursensor 22 sind alle an den Prozessor 26 angeschlossen, um Stromsensordaten, Spannungssensordaten bzw. Temperatursensordaten an den Prozessor 26 zu liefern.

Der Zeitgeber 24 ist mit dem Prozessor 26 verbunden, um Berechnungszeiten einzuleiten und den Prozessor zu veranlassen, zu in Abstand zueinander liegenden Zeitintervallen das Spannungssensorsignal, das Temperatursensorsignal und das Stromsensordaten einzulesen, um die Ausgabeeinrichtung 32 mit Zwischensteuersignalen zu versorgen, die die Ausgabeparameter anzeigen. Die Zwischensignale können in Mehrbit-Binärwörter sein, die durch einen Digital-Analog-Wandler (nicht gezeigt), beispielsweise in der Ausgabeeinrichtung 32, in Analogsignale umgewandelt werden. Obwohl der Zeitgeber 24 außerhalb des Prozessors 26 liegend gezeigt ist, kann der Zeitgeber 24, wie im Stand der Technik wohlbekannt ist, im Prozessor 26 enthalten sein, ohne von der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Alternativ kann die Batterieüberwachungseinrichtung Berechnungszeiten durch einen anderen Mechanismus einleiten. Zum Beispiel kann der Prozessor die Berechnungszeit beim Abschluß einer Iteration einleiten. In diesem

Fall wäre der Zeitgeber 24 mit dem Prozessor 26 verbunden, um die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Iterationen vergangene Zeit anzuzeigen, wie in diesem Beispiel der Zeitgeber 24 die Zeit anzeigen würde, die zum Abschluß der letzte Iteration verging.

Der Prozessor 26 enthält einen anderen Zeitgeber 38. Dieser Zeitgeber 38 speichert die vergangene Zeit (etime), in der die Batterie 12 in Ruhe ist. Der Zeitgeber 38 wird durch den Prozessor 26, wie später ersichtlich wird, zurückgesetzt, wenn die Batterie entweder beim Entladen oder beim Aufladen und daher nicht in Ruhe ist.

Der Prozessor 26 kann in verschiedenen Formen vorliegen. Zum Beispiel kann der Prozessor 26 ein digitaler Signalprozessor, ein Mikroprozessor, ein Mikrocontroller oder ein Allzweck-Computer sein. Der Prozessor 26 ist mit dem ersten Speicher 28 verbunden. Der Prozessor 26 erhält Betriebsbefehle aus dem ersten Speicher 28, der ein Lesespeicher sein kann, um seine Operationen zur Erzeugung der Zwischensteuersignale, die die Betriebsparameter der Batterie 12 anzeigen, in einer im folgenden zu beschreibenden Weise zu steuern. Der erste Speicher 28 ist mit dem Prozessor 26 durch einen Mehrfach-Bit-Bus 34 verbunden, um den Prozessor 26 die Betriebsbefehle zu liefern.

Der zweite Speicher 30, der ein Speicher mit einem wahlfreiem Zugriff sein kann, ist mit dem Prozessor 26 durch einen bidirektionalen Mehrfach-Bit-Bus 36 verbunden. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 verwendet, gemäß der vorliegenden Erfindung, eine iterative Verarbeitung, um die Betriebsparameter der Batterie zu bestimmen. Der zweite Speicher 30 wird zum Speichern ausgewählter Betriebsparameter verwendet, die durch den Prozessor 26 zuletzt, während der letzten Iteration berechnet wurden und die von dem Prozessor 26 verwendet werden, um die Betriebsparameter der Batterie 12 während der nächsten Iteration zu bestimmen. Zusätzlich kann der zweite Speicher 30 von dem Pro-

zessor 26 auch dazu verwendet werden, um Meßwerte, wie etwa den Batteriestrom, der während der unmittelbar vorhergehenden Iteration gemessen wurde, zu speichern. Jeder solcher Meßwert oder Betriebsparameter, der in dem zweiten Speicher 30 gespeichert ist, wird im folgenden als der letzte entsprechende Meßwert oder berechnete Parameter bezeichnet. Zur Ausführung der Batterieüberwachungseinrichtung 10 speichert der Mikroprozessor zum Beispiel während jeder Iteration die neu berechnete Batteriekapazität, den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie, den absoluten Ladezustand der Batterie, einen später zu beschreibenden Faktor, und den Strom der Batterie. Der eben erwähnte Faktor ist, wie später ersichtlich wird, die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie und dem relativen Ladezustand der Batterie.

Wie später ersichtlich wird, stellen die durch den Prozessor 26 implementierten Beziehungen zwischen dem abgefühlten Strom, der abgefühlten Spannung und der abgefühlten Temperatur der Batterie eine sehr genaue Näherung der Betriebsparameter der Batterie 12 unter allen Umständen, einschließlich Entladen, Ruhe und Aufladen der Batterie, dar. Diese Beziehungen erfordern die Verwendung einer Anzahl von empirisch bestimmten Konstanten. Diese Konstanten und die Art und Weise, wie sie empirisch abgeleitet werden, werden nun unmittelbar folgend diskutiert.

Die Konstante "a" ist die beste Schätzung der anfänglichen Batteriekapazität. Diese Konstante wird bei einer gegebenen Entlastestromstärke (m) für eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs bestimmt.

Die Konstante "b" ist die beste Schätzung des anfänglichen Batterieladezustands. Diese Konstante wird aus einer großen Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs bestimmt.

Die Konstante "c" ist die erwartete maximale Stromstärke, wenn die Batterie in Ruhe ist. Diese Konstante wird bestimmt, indem

die Stromstärke einer großen Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs gemessen wird, wenn diese in Ruhe sind und unter Belastungen, die typisch für die Anwendungen der zu überwachten Batterie sind.

Die Konstante "d" ist ein Einheitsstrom, der verwendet wird, um Werte dimensionslos zu machen. Der Wert dieser Konstante kann zum Beispiel 1 Ampere sein.

Die Konstante "e" ist die minimale Stromstärke, die eine genaue Bestimmung des relativen Ladezustands der Batterie ermöglicht. Diese Konstante wird bestimmt, indem der relative Ladezustand, der durch die im folgenden zu beschreibende relative Ladezustands-Beziehung bestimmt wird, mit den tatsächlichen Ladezustandsdaten verglichen wird, um die minimale Stromstärke zu bestimmen, die die Bestimmung des relativen Ladezustands bei Erzielung einer ausreichenden Genauigkeit gestattet.

Die Konstante "h" ist ein Wert, der verwendet wird, um festzustellen, ob der Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie, der während die Batterie in Ruhe ist, bestimmt wird, nahe genug an dem tatsächlichen zu benutzenden Ladezustand ist. Der Wert dieser Konstante wird ausgewählt, um der mittleren Ladezustandsfehlervorgabe zu entsprechen, die den erwarteten kumulativen mittleren Fehler bei der Bestimmung des Batterieladezustands repräsentiert.

Die Konstante "j" ist eine Einheitsspannung, die verwendet wird, um Werte dimensionslos zu machen. Dieser Wert kann zum Beispiel 1 Volt sein.

Die Konstante "k" ist die Einheitstemperatur, die verwendet wird, um Werte dimensionslos zu machen. Dieser Wert kann zum Beispiel 1 °F sein.

Die Konstante "l" ist die Einheitszeit, die verwendet wird, um Werte dimensionslos zu machen. Dieser Wert kann zum Beispiel 1 Stunde sein.

Die Konstante "m" ist der Batteriestrom, auf dem die Nennkapazität der Batterie beruht. Dies ist auch die Stromstärke, die verwendet wird, um die anfängliche Batteriekapazität (a) zu bestimmen.

Die Konstante "t" ist die Zeit, die erforderlich ist, um die Batterie nach ihrer letzten Benutzung sicher zur Ruhe kommen zu lassen. Diese Konstante wird bestimmt, indem die Spannungserholungsraten des zu überwachenden Batterietyps bei verschiedenen Ladezustandsniveaus und Temperaturen aufgenommen wird und ein Wert ausgewählt wird, der der mittleren Ladezustandsfehlervorgabe entspricht.

Die Konstante "u" ist die Änderung des Ladezustands, die erforderlich ist, um den bestimmten Kapazitätswert der Batterie sicher einzustellen. Diese Konstante wird ausgewählt, um leicht größer als die mittlere Ladezustandsfehlervorgabe zu sein.

Die Konstante "v" ist ein Gewichtungsfaktor, der verwendet wird, um den bestimmten Kapazitätswert der Batterie während Ruheperioden einzustellen. Diese Konstante wird bestimmt, indem ein Wert ausgewählt wird, der es gestattet, daß sich der bestimmte Kapazitätswert der Batterie mit einer Geschwindigkeit leicht oberhalb der tatsächlichen Geschwindigkeit ändert, in der sich die Kapazität der zu überwachenden Batterie während ihrer Lebensdauer ändert.

Die Konstante "w" ist die Zeit, die erforderlich ist, damit die Spannung der Batterie nach ihrer letzten Benutzung teilweise zur Ruhe kommt. Diese Konstante wird bestimmt, indem die Spannungserholungsraten des zu überwachenden Batterietyps bei verschiedenen Ladezustandsniveaus und Temperaturen aufgenommen werden

und ein Wert ausgewählt wird, der der maximalen Ladezustandsfehlervorgabe entspricht.

Die Konstante "y" ist ein Gewichtungsfaktor, der verwendet wird, um den bestimmten Kapazitätswert der Batterie während der Batterieentladung einzustellen. Diese Konstante wird bestimmt, indem ein Wert ausgewählt wird, der es ermöglicht, daß sich der bestimmte Kapazitätswert der Batterie mit einer Geschwindigkeit leicht oberhalb der tatsächlichen Geschwindigkeit ändert, mit der die Kapazität der zu überwachenden Batterie sich während ihrer Lebensdauer ändert.

Die Konstante "z" ist die maximale Batteriekapazität, die für die zu überwachende Batterie erwartet wird. Diese Konstante wird bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs stichprobenartig auf den maximalen Batteriekapazitätswert, der für diesen Batterietyp möglich ist, untersucht wird.

Die Konstanten "aa", "ab", "ac", "ad", "ae" und "af" sind empirische Konstanten, die in der Batteriekapazitätsbeziehung verwendet werden. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs auf ihre Kapazität bei verschiedenen Temperaturniveaus und Entladestromstärken getestet wird. Die Werte dieser Konstanten werden so ausgewählt, daß die Kapazitätsbeziehung die Batteriekapazität bei einer gegebenen Temperatur und einer gegebenen Entladestromstärke genau vorhersagt.

Die Konstanten "ba", "bb", "bc" und "dd" sind empirische Konstanten für die Ladeeffizienzbeziehung, die später zu beschreiben ist. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs in einem vollaufgeladenen Zustand auf gleichmäßigen Ladestrom bei verschiedenen Spannungsniveaus und Temperaturniveaus getestet wird. Diese Konstanten werden so ausgewählt, daß die Ladeeffizienzbeziehung den



gleichmäßigen Ladestrom bei einer gegebenen Temperatur und Aufladespannung genau vorhersagt.

Die Konstanten "ca" und "cb" sind Bandgrenzen zum Einstellen des absoluten Ladezustands der Batterie während der Entladung. Diese Konstanten werden bestimmt, indem die Werte so gewählt werden, daß beim Überwachen der Batterie auftretende Rauschen genügend gefiltert wird. Die Werte für ca sind stets kleiner als eins, während der Wert cb immer größer als eins ist. Die Werte eins stehen für maximale Filterung.

Die Konstanten "da", "db", "dc", "dd", "de", "df", "dg", "ga" und "gb" sind empirische Konstanten für die Leerlaufspannungs-Ladezustandsbeziehung, die später beschrieben wird. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs auf ihre Spannung bei verschiedenen Ladezustandsniveaus, Stromniveaus und Temperaturniveaus getestet werden und Batterieladezustands-, Spannungs-, Temperatur- und Stromdaten gesammelt werden. Diese Konstanten werden so gewählt, daß die Leerlaufspannungs-Ladezustandsbeziehung den Batterieladezustand bei einer gegebenen Spannung, Temperatur und Strom genau vorhersagt.

Die Konstanten "ea", "eb", "ec", "ed", "ee", "fa", und "fb" sind empirische Konstanten für die relative Ladezustandsbeziehung, die später beschrieben wird. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs aus einem vollaufgeladenen Zustand bei verschiedenen konstanten Stromstärken und Temperaturhöhen vollständig entladen werden und Batteriespannungs-, Strom- und Temperaturdaten gesammelt werden. Für jede Entladung sollte der Batterieladezustand unter Anwendung einer Ampere-Stunden-Integrationsmethode bestimmt werden, wie sie im Stand der Technik vorbekannt sind, nach Bestimmen der Batteriekapazität für diesen Test. Die Werte dieser Konstanten sollten so ausgewählt werden, daß die relative Ladezustandsglei-

30.03.00

- 16 -

chung den Batterieladezustand bei gegebener Spannung, Temperatur und Strom genau vorhersagt.

Die Konstanten "ha", "hb", "hc", "hd", "he" und "hf" sind empirische Konstanten für die Aufladespannungsbeziehung, die später beschrieben wird. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs aus einem vollständig entladenen Zustand bei verschiedenen konstanten Stromstärken und Temperaturhöhen vollständig aufgeladen werden und Batteriespannungs-, -strom- und -temperaturdaten gesammelt werden. Für jede Aufladung wird der Batterieladezustand unter Verwendung einer Ampere-Stunden-Integrationsmethode, von im Stand der Technik wohlbekannter Art, nach Korrektur auf die Ladungseffizienz und nach Bestimmung der Batteriekapazität für jeden Test bestimmt wird. Die Werte dieser Konstanten werden so gewählt, daß die Aufladespannungsbeziehung die Ladestromstärke maximiert und die Ladungsineffizienz bei hohen Ladezuständen minimiert.

Die Konstanten "ja", "jb", "jc", "jd", "je" und "hf" sind empirische Konstanten für die Startvorhersagebeziehung, die später beschrieben wird. Diese Konstanten werden bestimmt, indem eine große Anzahl von Batterien des zu überwachenden Typs auf ein erfolgreiches Starten bei verschiedenen Temperaturen, Kapazitäten und Ladungszuständen innerhalb der Anwendungen, in der die Batterie erwartungsgemäß verwendet wird, getestet wird. Die Werte dieser Konstanten werden so gewählt, daß die Startvorhersagebeziehung die niedrigste Temperatur genau vorhersagt, die einen erfolgreichen Start bei gegebenen Ladezustandsniveau und Batteriekapazität ermöglichte.

Die Konstanten "xa" und "xb" sind Gewichtungsfaktoren, die zur Einstellung des absoluten Ladezustandswerts, wenn die zu überwachende Batterie in Ruhe ist, dienen. Diese Konstanten werden bestimmt, indem die Spannungserholungsraten bei verschiedenen Ladezustandsniveaus und Temperaturen aufgenommen werden und

300300

- 17 -

Werte ausgewählt werden, die es erlauben, daß der absolute Ladezustand sich etwas schneller als die mittlere Spannungserhöhungsrates ändert.

Es folgt eine Liste für die oben beschriebenen Konstanten für eine 58/540 Kraftfahrzeugbatterie, die von der Globe-Union, Inc., der Erwerberin der vorliegenden Erfindung, hergestellt wird.

30.03.00

- 18 -

a = 60,0 Ampere-Stunden	cb = 1,5
b = 1,0	da = 11,6 Volt
c = 0,06 Ampere	db = 1,5e7 Volt
d = 1,0 Ampere	dc = (105,84 °F) 41,02 °C)
e = 1,0 Ampere	dd = 1,0
h = 0,01	de = 3,0
j = 1,0 Volt	df = -8,87e-4 Volt/0,55 °C
k = (1,0 °F) -17,22 °C	dg = (-70,0 °F) -56,5 °C
l = 1,0 Stunden	ea = 10,5 Volt
m = 2,9 Ampere	eb = 0,0254 Volt
t = 20,0 Stunden	ec = 0,75
u = 0,05	ed = 15,4 Volt* 0,55 °C
v = 70,0 Ampere-Stunden	ee = (80,0 °F) 26,67 °C)
w = 4,0 Stunden	fa = 0,1554
y = 10,0 Ampere	fb = 2,5
z = 66,0 Ampere-Stunden	ga = 0,8065
xa = 1,0e-4	gb = 1,0
xb = 1,0e-3 Stunden-2	ha = 16,16 Volt
aa = 62,5 Ampere-Stunden	hb = 90,0 Volt * 0,55 °C
ab = (11050,0 °F) 6121 °C * Ampere-Stunden	hc = (100 °F) 37,8 °C
ac = (96,8 °F) 36 °C	hd = 0,201
ad = 1,0	he = 6,0
ae = 0,451	hf = 1,0 Volt
af = 23,3 Ampere	ja = (-200 °F) -128,89 °C
ba = 4,92e-10 Ampere	jb = (80 °F) 26,67 °C
bb = 11,687 Volt	jc = 0,5
bc = (46,46 °F) 8,03 °C	jd = (80,0 °F) 26,67 °F
bd = 3,5	je = -0,05
ca = 0,5	jf = 0,5

Es wird nun auf Figur 2 Bezug genommen, die ein Flußdiagramm zeigt, das die Art und Weise illustriert, in der die in Figur 1 gezeigte Batterieüberwachungseinrichtung 10 zur Überwachung der Betriebsparameter einer Batterie, wie einer Batterie 12, realisiert sein kann. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 beginnt am Start in Schritt 40. Wie zuvor erwähnt, ist die Batterieüberwachungseinrichtung 10 gemäß einem iterativen Prozeß eingerichtet, der zuvor bestimmte Batterieparameter verwendet, um zu in Abstand zueinander liegenden Zeitintervallen neue Batteriebetriebsparameter zu bestimmen. Wenn die Batterieüberwachungseinrichtung 10 initialisiert wird, muß sie daher zunächst die verschiedenen Betriebsparameter in Schritt 42 zur Verwendung bei der ersten Bestimmung der Betriebsparameter der Batterie initialisieren. Die zu initialisierenden Betriebsparameter sind die Kapazität (*capacity*) der Batterie, der integrierte Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie (*socahint*), der absolute Ladezustand der Batterie (*absSOC*), der geschätzte Ladezustand der Batterie (*soc*), die Zeitperiode, für die die Batterie in Ruhe war (*etime*), der Faktor, der die Differenz zwischen den absoluten Ladezustand der Batterie und dem relativen Ladezustand der Batterie ist (*factor*), und der Batteriestrom (*current*). Die Parameter werden initialisiert, so daß die Kapazität gleich der Konstanten *a*, der integrierte Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie gleich der Konstanten *b*, der absolute Ladezustand der Batterie gleich der Konstanten *b* und der geschätzte Ladezustand der Batterie gleich der Konstanten *b* ist. Die anderen initialisierten Parameter werden gleich Null gesetzt.

Als nächstes speichert die Batterieüberwachungseinrichtung 10 in Schritt 44 ausgewählte der letzten gemessenen und bestimmten Parameter in dem Speicher 30 mit wahlfreiem Zugriff. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 speichert in dem zweiten Speicher 30 den letzten Batteriestrom (*Lcurrent*), den letzten bestimmten integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie (*Lsocahint*), den letzten bestimmten absoluten Ladezustand der Batterie (*Labssoc*), den letzten bestimmten Faktor (*Lfactor*), und die

30.03.00

- 20 -

letzte bestimmte Kapazität der Batterie (*Lcapacity*). Wenn dies die erste Iteration folgend auf die Initialisierung der Batterieüberwachungseinrichtung 10 ist, speichert die Batterieüberwachungseinrichtung 10 die initialisierten Parameter in dem zweiten Speicher 30. Andernfalls speichert die Batterieüberwachungseinrichtung 10 die obenerwähnten Parameter in dem zweiten Speicher 30, die während der letzten Iteration bestimmt wurden.

Nach dem Speichern der ausgewählte der letzten gemessenen und bestimmten Parameter in Schritt 44 mißt die Batterieüberwachungseinrichtung dann in Schritt 46 die momentanen Werte des Batteriestroms (*current*), der Batteriespannung (*volt*), der Batterietemperatur in °C [Fahrenheit] (*tempf*), und die Zeit seit der letzten Iteration (*delttime*). Der Prozessor liest in Schritt 46 das Spannungssensorsignal von dem Spannungssensor 20, um die gegenwärtige Batteriespannung zu bestimmen, das Stromsensorsignal von dem Stromsensor 18, um den gegenwärtigen Batteriestrom zu bestimmen, und das Temperatursensorsignal von dem Temperatursensor 22, um die Batterietemperatur zu bestimmen. Der Prozessor 26 berechnet ferner die Zeitperiode seit der letzten Iteration auf Grundlage von Zeitsignalen, die von dem Zeitgeber 24 geliefert werden.

Wie zuvor erwähnt, kann, wenn die Batterieüberwachungseinrichtung 10 so eingerichtet ist, um die Betriebsparameter der Batterie in periodischen Intervallen zu bestimmen, die Zeit seit der letzten Iteration als Konstante behandelt werden und muß daher nicht durch den Prozessor 26 bestimmt werden. Wenn die zu überwachende Batterie unter bekannten und konstanten Temperaturbedingungen betrieben wird, kann auch die Temperatur der Batterie als Konstante behandelt werden und der Prozessor 26 muß in einem solchen Fall kein Temperatursensorsignal von dem Temperatursensor 22 einlesen.

Nach Bestimmen der vorerwähnten Werte in Schritt 46 geht die Batterieüberwachungseinrichtung 10 zu Schritt 48 weiter, um die

Nennkapazität (*ratedcap*) der Batterie und die momentane Kapazität (*crntcap*) der Batterie zu bestimmen. Vor der Bestimmung der Nennkapazität und der momentanen Kapazität der Batterie bestimmt der Prozessor 26 zunächst einen Temperaturkompensationsfaktor (*tempcomp*), der eine Temperaturkompensation für die Nennkapazität und die momentane Kapazität liefert. Der Prozessor 26 berechnet den Temperaturkompensationsfaktor gemäß der folgenden Beziehung.

$$tempcomp = aa - \frac{ab}{temp - ac}$$

Nach Bestimmen des Temperaturkompensationsfaktors bestimmt der Prozessor 26 die Nennkapazität der Batterie gemäß der unmittelbar folgenden Beziehung.

$$ratedcap = Lcapacity + tempcomp$$

Schließlich bestimmt der Prozessor 26 bei Ausführung von Schritt 48 die momentane Kapazität der Batterie unter Verwendung der unmittelbar folgend angegebenen Beziehung, wobei  $|I|$  den Absolutwert des Batteriestroms darstellt.

$$crntcap = Lcapacity \times \left( ad - \frac{ae \times |I|}{|I| + af} \right) + tempcomp$$

Nach Bestimmen der Kapazitäten in Schritt 48 bestimmt der Prozessor 26 dann in Schritt 50 den Faktor, der, wie zuvor erwähnt, die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie und dem relativen Ladezustand der Batterie darstellt. Der Prozessor 26 bestimmt den Faktor in Schritt 50 gemäß der folgenden Beziehung, wobei  $\Delta t$  die Zeit seit der letzten Iteration ist (*delttime*).

$$factor = Lfactor + \frac{|m + Lcurrent| \times (ratedcap - crntcap) \times (\Delta t)}{(ratedcap \times crntcap)}$$

30.03.00

- 22 -

Nach Bestimmen des Faktors in Schritt 50 benutzt der Prozessor dann in Schritt 52 die Ampere-Stunden-Integration um die Anfangswerte des integrierten Ampere-Stunden-Ladezustands, des absoluten Ladezustands und des relativen Ladezustands (*relsoc*) der Batterie zu bestimmen. Bei der Ausführung von Schritt 50 bestimmt der Prozessor zunächst den von der Batterie benutzten Ladezustand (*socused*) seit der letzten Iteration. Der von der Batterie benutzte Ladezustand wird durch die unmittelbar folgend gegebene Beziehung bestimmt.

$$socused = \frac{-L_{current} \times \Delta t}{ratedcap}$$

Nach Bestimmen des von der Batterie seit der letzten Iteration verbrauchten Ladezustands bestimmt der Prozessor 26 dann den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie gemäß der unmittelbar folgend gegebenen Beziehung.

$$socahint = L_{socahint} - focused$$

Nach Bestimmen des integrierten Ampere-Stunden-Ladezustands der Batterie bestimmt der Prozessor 26 dann die absoluten Ladezustand der Batterie durch Verwendung der folgenden Beziehung.

$$abssoc = Labssoc - focused$$

Schließlich bestimmt der Prozessor 26 zum Abschluß von Schritt 52 den relativen Ladezustand der Batterie. Der Prozessor 26 bestimmt den relativen Ladezustand der Batterie durch Anwenden der unmittelbar folgend angegebenen Beziehung.

$$relsoc = abssoc - factor$$



Folgend auf Schritt 52 stellt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 fest, ob die Batterie beim Entladen, in Ruhe oder beim Aufladen ist. Die Batterieüberwachungseinrichtung 10 erreicht dies, indem der Prozessor 26 zunächst in Schritt 54 feststellt, ob die Batterie beim Entladen ist. Der Prozessor 26 führt Schritt 54 aus, indem er feststellt, ob der in Schritt 46 bestimmte Strom kleiner als ein negativer Strom (-c) ist, der die maximale Stromstärke hat, die anzeigen würde, daß die Batterie in Ruhe ist. Wenn der Batteriestrom kleiner als dieser Strom ist, wird die Batterie als entladend angesehen, und die Batterieüberwachungseinrichtung 10 geht in den Entlademodus über, wie durch Bezugszeichen 56 angedeutet, der später in bezug auf Figur 3 beschrieben wird.

Wenn die Batterie nicht beim Entladen ist, stellt der Mikroprozessor dann in Schritt 58 fest, ob die Batterie in Ruhe ist. Beim Ausführen von Schritt 58 stellt der Prozessor fest, ob der Batteriestrom gleich oder kleiner als 0, aber größer als oder gleich -c ist. Wenn die Batterie in Ruhe ist, tritt der Prozessor 26 dann in den Ruhemodus ein, wie durch Bezugszeichen 60 angedeutet, der später detailliert mit Bezug auf Figur 4 beschrieben wird. Wenn die Batterie nicht beim Entladen und nicht in Ruhe ist, wird sie daher als ladend angesehen, und die Batterieüberwachungseinrichtung tritt dann in einen Lademodus ein, wie durch Bezugszeichen 62 angedeutet. Der Lademodus wird später detailliert mit Bezug auf Figur 5 beschrieben.

Nachdem der Entlademodus 56, der Ruhemodus 60 oder der Lademodus 62 abgeschlossen ist, geht die Batterieüberwachungseinrichtung zu Schritt 66 weiter, um die Ladezustandswerte, die im Entlademodus 56, im Ruhemodus 60 oder im Lademodus 62 bestimmt wurden, in einer später detaillierter zu beschreibenden Weise zu begrenzen. Nach Ausführen von Schritt 66 geht die Batterieüberwachungseinrichtung 10 weiter zu Schritt 68, um die Ausgabeparametersignale bereitzustellen, die die Betriebsparameter der Batterie durch die Ausgabeeinrichtung 32 am Ausgang 16 anzeigen,

und wartet auf den Beginn der nächsten Iteration. Danach kehrt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 zu Schritt 44 zurück, um die letzten gemessenen und bestimmten ausgewählten Betriebsparameter der Batterie zur Verwendung während der nächsten Iteration zu speichern.

Es wird nun auf Figur 3 bezug genommen, die die Art und Weise illustriert, in der die Batterieüberwachungseinrichtung 10 eingerichtet sein kann, um den Entlademodus 56, der in Figur 2 dargestellt ist, auszuführen. Der Entlademodus beginnt bei dem Startschritt 108. Zunächst setzt der Prozessor 26 in Schritt 110 den Zeitgeber 38 zurück, um etime auf Null zurückzusetzen, da die Batterie nicht in Ruhe ist. Als nächstes stellt der Prozessor 26 in Schritt 112 fest, ob die relative Ladezustandsbeziehung, die später beschrieben wird, genau sein wird. Beim Ausführen von Schritt 112 stellt der Prozessor fest, ob der Strom kleiner als ein negativer Strom (-e) ist, der die minimale Stromstärke ist, für die die relative Ladezustandsbeziehung im Entlademodus genau ist. Wenn der Strom nicht kleiner als -e ist, führt der Prozessor den Entlademodus nicht aus und kehrt am Ende von Schritt 122 zurück. Wenn der Strom jedoch kleiner als -e ist, geht der Prozessor dann zu Schritt 114 weiter, um eine korrigierte Spannung ( $V_{pp}$ ) zu bestimmen. Beim Ausführen von Schritt 114 verwendet der Prozessor 26 die unmittelbar folgende Beziehung.

$$V_{pp} = \text{volt} - ea + eb \times (|I|)^{ec} + \frac{ed}{tempf + ee}$$

Nach Bestimmen der korrigierten Spannung in Schritt 114 geht der Prozessor dann zu Schritt 116 über, um den relativen Ladezustand der Batterie zu bestimmen. Beim Bestimmen des relativen Ladezustands der Batterie in Schritt 116 verwendet der Prozessor die unmittelbar folgende Beziehung.

$$relsoc = fa \times \left( \frac{|V_{pp}|}{j} \right)^{fb}, \text{ wenn } V_{pp} < 0, \text{ relsoc} = -relsoc$$

Aus dem Obigen ist ersichtlich, daß, wenn die korrigierte Spannung ( $V_{pp}$ ), kleiner als Null ist, der Prozessor 26 den relativen Ladezustandswert auf das Negative des relativen Ladezustandswerts setzt, der durch die direkt vorhergegebene Beziehung bestimmt ist.

Nach Bestimmen des relativen Ladezustands in Schritt 116 geht der Prozessor dann zu Schritt 118 weiter, um den Ladezustand der Batterie auf Grundlage des in Schritt 116 bestimmten relativen Ladezustands zu bestimmen. Beim Ausführungen von Schritt 118 verwendet der Prozessor die unmittelbar folgende Beziehung.

$$absoc = relsoc + factor$$

Vor dem Weitergehen zum nächsten Schritt setzt der Prozessor Grenzen an die Änderung in dem absoluten Ladezustand, wie er durch die unmittelbar vorhergehende Beziehung bestimmt wurde. Beim Setzen von Grenzen an die Änderung in dem absoluten Ladezustandswert gegenüber der letzten Iteration verwendet der Prozessor die folgenden Beziehungen.

$$\text{wenn } Labssoc - absoc < ca \times socused,$$

$$\text{dann } absoc = Labssoc - ca \times socused$$

$$\text{wenn } Labssoc - absoc > cb \times socused,$$

$$\text{dann } absoc = Labssoc - cb \times socused$$

Nach Setzen der Grenzen an die Änderung in dem in Schritt 118 bestimmten absoluten Ladezustand paßt der Prozessor dann in Schritt 120 die Kapazität der Batterie auf Grundlage des in Schritt 118 bestimmten absoluten Ladezustands und des integrierten Ampere-Stunden-Ladezustands, wie in Schritt 52 bestimmt, an. Beim Ausführen von Schritt 120 verwendet der Prozessor die folgende Beziehung.

$$capacity = Lcapacity - y \times (1 - abssoc) \times (socahint - abssoc) \times \Delta t$$

Sobald die Kapazität der Batterie in Schritt 120 festgesetzt ist, schließt der Prozessor den Entlademodus bei Schritt 122 ab und geht weiter zu Schritt 66, wie zuvor beschrieben. Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, wird der relative Ladezustand der Batterie mit hoher Genauigkeit bestimmt, ohne Notwendigkeit den Innenwiderstand der Batterie zu bestimmen, was im Stand der Technik fehlerträchtig war und einen wechselnden Strom erforderte. Ferner bestimmt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 dank der vorliegenden Erfindung auch den absoluten Ladezustand der Batterie auf Grundlage des relativen Ladezustands der Batterie innerhalb sinnvoller Grenzen und führt eine Anpassung der Kapazität der Batterie auf Grundlage des bestimmten absoluten Ladezustands der Batterie durch.

Es wird nun auf Figur 4 Bezug genommen, die die Art und Weise illustriert, in der die Batterieüberwachungseinrichtung 10 eingerichtet sein kann, um den Ruhemodus 60 auszuführen, wie er in Figur 2 gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt ist. Der Ruhemodus beginnt bei einem Startschritt 70. Der Prozessor 26 entnimmt zunächst bei Schritt 72 von dem Zeitgeber 38 die Zeit, für die die Batterie in Ruhe war (*etime*). Beim Ausführen von Schritt 72 addiert der Prozessor die Zeit seit der letzten Iteration (*delttime*) zu der Ruhezeit (*etime*), die in dem zweiten Speicher 30 gespeichert ist.

Als nächstes bestimmt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 in Schritt 74 eine korrigierte Spannung für die in Ruhe befindliche Batterie. Beim Bestimmen der korrigierten Spannung (Leerlaufspannung) der in Ruhe befindlichen Batterie verwendet der Prozessor 26 den unmittelbar folgend angegebenen Ausdruck zum Einstellen der gegenwärtig gemessenen Batteriespannung auf Strom- und Temperaturbedingungen.

$$ocv = \frac{\left( db \times \left( \frac{|I|}{d} \right)^{da} \right)}{\left( \frac{tempf+dc}{k} \right)^{de}} + df (tempf+dg) + volt - da$$

Nach Bestimmen der korrigierten Batteriespannung geht der Prozessor 26 zu Schritt 76 über, um den Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie zu bestimmen. Beim Ausführen von Schritt 76 verwendet der Prozessor 26 die folgende Beziehung.

$$ocvsoc = ga \times \left( \frac{|ocv|}{j} \right)^{gb}, \text{ wenn } ocv < 0, \text{ } ocvsoc = -ocvsoc$$

Aus dem Obigen ist ersichtlich, daß, wenn die korrigierte Spannung kleiner als Null ist, der Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie in Ruhe als das Negative des bestimmten Leerlaufspannungs-Ladezustandswerts angenommen wird. Dieser Endwert des Leerlaufspannungs-Ladezustands der Batterie wird verwendet, um den absoluten Ladezustand der Batterie in Ruhe zu bestimmen.

Vor Bestimmung des absoluten Ladezustands der Batterie in Ruhe bestimmt der Prozessor zunächst in Schritt 78, ob der in Schritt 76 bestimmte Leerlaufspannungs-Ladezustandswert genau ist. Der Leerlaufspannungs-Ladezustandswert wird als genau festgestellt, wenn die Batterie für eine ausreichende Zeitperiode seit ihrer letzten Benutzung in Ruhe war, um der Batterie zu ermöglichen, zur Ruhe zu kommen, oder durch andere Mittel, die später be-

schrieben werden, wobei diese anderen Mittel den Zeitgeber 38 (etime) vorstellen. Beim Ausführen von Schritt 78 stellt der Prozessor fest, ob die Zeit, für die die Batterie in Ruhe war, größer ist als eine erste Zeitperiode  $t$ , die zuvor beschrieben wurde. Wenn die Batterie für eine Zeit größer als  $t$  in Ruhe war, geht der Prozessor zu Schritt 80 weiter, um festzustellen, ob ein Kapazitätsanpassungskriterium erfüllt ist. Beim Ausführungen von Schritt 80 stellt der Prozessor fest, ob die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie und dem letzten Ladezustand der Batterie, der in dem Speicher 30 gespeichert ist, größer als eine Konstante  $u$  ist, die die Änderung des Ladezustands ist, die erforderlich ist, um den Kapazitätswert sicher anzupassen. Wenn das Kriterium erfüllt ist, geht der Prozessor zu Schritt 82 weiter, um die Kapazität der Batterie gemäß der unmittelbar folgenden Beziehung anzupassen.

$$capacity = Lcapacity - v \times (abssoc - Lsoc) \times (abssoc - socahint)$$

Nach Anpassen der Kapazität der Batterie gemäß Schritt 82 oder nach der Feststellung, daß in Schritt 80 das Kapazitätsanpassungskriterium nicht erfüllt war, geht der Prozessor 26 dann zu Schritt 84 weiter, um die Ladezustandswerte zurückzusetzen. Beim Ausführen von Schritt 84 setzt der Prozessor den absoluten Ladezustand gleich dem Leerlaufspannungs-Ladezustand wie in Schritt 76 bestimmt, indem der zuvor in Schritt 52 bestimmte absolute Ladezustandswert mit dem Leerlaufspannungs-Ladezustandswert wie in Schritt 76 bestimmt überschrieben wird. Ferner überschreibt der Prozessor den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustandswert, wie zuvor in Schritt 52 bestimmt, mit dem Leerlaufspannungs-Ladezustandswert wie in Schritt 76 bestimmt und setzt den letzten Ladezustandswert, der im Speicher 30 gespeichert ist, gleich dem Leerlaufspannungs-Ladezustandswert. Danach schließt der Prozessor den Ruhemodus bei Schritt 94 ab und geht zu Schritt 66 wie zuvor beschrieben über.

Wenn der Prozessor 26 in Schritt 78 feststellt, daß die Ruhezeit der Batterie ungenügend war, um anzuzeigen, daß die Leerlaufspannungs-Ladezustandsgleichung genau war, dann geht der Mikroprozessor weiter zu Schritt 86, um festzustellen, ob die Ruhezeit der Batterie anzeigt, daß der in Schritt 76 bestimmte Leerlauf-Ladezustandswert eine Näherung ist. Beim Ausführen von Schritt 86 stellt der Prozessor fest, ob die Ruhezeit der Batterie größer als eine mittlere Zeitperiode  $w$  ist, die erforderlich ist, um der Batteriespannung teilweise zu gestatten, sich von ihrer letzten Benutzung zu erholen und daher kleiner als die Zeit  $t$  ist. Wenn die Batterieruhezeit anzeigt, daß der Leerlaufspannungs-Ladezustandswert, wie in Schritt 76 bestimmt, keine Näherung ist, schließt der Prozessor den Ruhemodus bei Schritt 94 ab und geht zu Schritt 66 über, wie zuvor beschrieben. Wenn jedoch in Schritt 86 festgestellt wird, daß der Leerlaufspannungs-Ladezustandswert, wie in Schritt 76 bestimmt, eine Näherung ist, geht der Prozessor zu Schritt 88 über, um festzustellen, ob der zuvor in Schritt 52 bestimmte absolute Ladezustand anzeigt, daß der in Schritt 76 bestimmte Leerlaufspannungs-Ladezustandswert genau ist.

Beim Ausführen von Schritt 88 stellt der Prozessor 26 fest, ob der Absolutwert der Differenz zwischen dem in Schritt 76 bestimmten Leerlaufspannungs-Ladezustandswert und dem in Schritt 52 bestimmten absoluten Ladezustand kleiner als eine Konstante  $h$  ist, was der Wert ist, der dazu verwendet wird, um festzustellen, ob der Leerlaufspannungs-Ladezustand nahe genug an dem zu verwendenden tatsächlichen Ladezustand ist. Wenn dies der Fall ist, stellt der Prozessor in Schritt 90 die Ruhezeit der Batterie auf die Zeit  $t$  vor, so daß der Prozessor bei der nächsten Iteration in Ruhe beim Ausführen von Schritt 78 weiter zu Schritt 80 geht, wenn er den in Schritt 76 bestimmten Leerlaufspannungs-Ladezustandswert genau findet. Wenn jedoch der in Schritt 52 bestimmte absolute Ladezustand anzeigt, daß der in Schritt 76 bestimmte Leerlaufspannungs-Ladezustand nicht nahe genug ist, dann geht die Batterieüberwachungseinrichtung 10

weiter zu Schritt 92, um die Ladezustandswerte anzupassen. Beim Ausführen von Schritt 92 setzt der Prozessor den absoluten Ladezustand gleich dem Leerlaufspannungs-Ladezustand, wie in Schritt 76 bestimmt, und setzt Bandgrenzen für den absoluten Ladezustand, indem die unten angegebene Bandbeziehung benutzt wird.

$$band = xa + xb \times (etime) \times (\Delta t)$$

wenn  $absoc > labsoc + band$ , dann  $absoc = labsoc + band$

wenn  $absoc < labsoc - band$ , dann  $absoc = labsoc - band$

Beim Abschließen von Schritt 92 stellt der Prozessor dann fest, ob der in Schritt 52 bestimmte absolute Ladezustand innerhalb der oben gezeigten Bandgrenzen ist. Diese Bandgrenzen definieren einen gegebenen Bereich, so daß die Größe der Differenz zwischen dem letzten absoluten Ladezustandswert und den Bandgrenzen kleiner ist als das Band. Wenn der absolute Ladezustandswert innerhalb der Bandgrenzen liegt, wird keine Anpassung vorgenommen und der Prozessor schließt den Ruhemodus bei Schritt 94 ab und geht weiter zu Schritt 66, wie zuvor beschrieben. Wenn der absolute Ladezustandswert außerhalb der Bandgrenzen liegt, wird der absolute Ladezustand gleich der geeigneten Bandgrenze gesetzt und der Prozessor schließt den Ruhemodus bei Schritt 94 ab und geht weiter zu Schritt 66, wie zuvor beschrieben.

Es wird nun auf Figur 5 Bezug genommen, die die Art und Weise darstellt, in der die Batterieüberwachungseinrichtung 10 eingerichtet sein kann, um den in Figur 2 dargestellten Lademodus gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen. Bei der Realisierung des Lademodus beginnt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 bei dem Startschritt 96. In Schritt 98 veranlaßt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 zunächst den Prozessor 26, die Ruhezeit der Batterie ( $etime$ ) auf Null zurückzusetzen, weil die Batterie nicht in Ruhe ist. Als nächstes bestimmt der Prozessor



26 in Schritt 100 den Betrag des Ladestroms, der nicht zum Aufladen der Batterie genutzt wird. Dieser Strom wird im Stand der Technik gewöhnlich als Gasungsstrom (*igas*) bezeichnet. Bei der Ausführung von Schritt 100 verwendet der Prozessor die unmittelbar folgende Beziehung.

$$igas = ba \times \left| \left( \frac{volt-bb}{j} \right) \times \left( \frac{tempf+bc}{k} \right) \right|^{bd}$$

Nach Bestimmen des Gasungsstroms in Schritt 100 geht der Prozessor dann zu Schritt 102 weiter, um den von der Batterie verwendeten Ladezustand anzupassen, um die in Schritt 100 bestimmte Ineffizienz zu berücksichtigen. Beim Ausführungen von Schritt 102 stellt der Prozessor fest, ob der letzte in dem zweiten Speicher 30 gespeicherte Strom größer als der Gasungsstrom ist. Wenn dies der Fall ist, bestimmt der Prozessor dann einen zurückgerechneten benutzten Ladezustand, indem die unmittelbar folgende Beziehung verwendet wird.

$$\text{wenn } L_{\text{current}} > igas \text{ dann } socused = \frac{-(L_{\text{current}}-igas) \times (\Delta t)}{ratedcap}$$

Da die Batterie beim Aufladen ist, wird der benutzte Ladezustand der Batterie seit der letzten Iteration eine negative Zahl sein und ist daher tatsächlich der der Batterie seit der letzten Iteration zugefügte Ladezustand. Folgend auf Schritt 102 geht der Prozessor dann zu Schritt 104 über, um die in Schritt 52 bestimmten Ladezustandswerte anzupassen auf Grundlage des durch die Batterie während des Aufladens benutzten negativen Ladezustands, wie entweder in Schritt 102 oder Schritt 52, abhängig von dem Wert des Gasungsstroms, bestimmt und seit der letzten Iteration. Beim Ausführen von Schritt 104 bestimmt der Prozessor zunächst den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie, indem die unmittelbar folgende Beziehung benutzt wird.

$$soca hint = Lsoca hint - socused$$

Der integrierte Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie, wie durch die unmittelbar vorhergehende Beziehung bestimmt, wird verwendet, um den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand der Batterie zum Bestimmen der Batteriekapazität zu verfolgen, wenn die Batterie in einen Ruhezustand oder einen Entladezustand zurückkehrt. Beim Abschließen von Schritt 104 bestimmt die Batterieüberwachungseinrichtung 10 durch den Prozessor 26 den absoluten Ladezustand der Batterie, indem die unmittelbar folgende Beziehung verwendet wird.

$$abssoc = Labssoc - socused$$

Wie zu erkennen ist, ist der neue absolute Ladezustand der Batterie gleich dem letzten absoluten Ladezustand der Batterie, der in dem Speicher 30 mit wahlfreiem Zugriff gespeichert ist, abzüglich dem benutzten Ladezustand der Batterie seit der letzten Iteration. Da die Batterie beim Aufladen ist, ist der durch die Batterie benutzte Ladezustand seit der letzten Iteration ein negativer Wert und daher ist der absolute Ladezustand der Batterie gleich dem letzten absoluten Ladezustand der Batterie plus dem durch das Aufladen seit der letzten Iteration der Batterie zugefügten Ladezustands.

Beim Ausführen von Schritt 104 bestimmt die Batterieüberwachungseinrichtung auch einen neuen Faktor, gemäß dem unmittelbar folgenden Ausdruck.

$$factor = Lfactor + socused$$

Nachdem der neue Faktor durch den unmittelbar vorhergehenden Ausdruck bestimmt ist, überschreibt der Mikroprozessor den zuvor

bestimmten Faktor, der in Schritt 50 bestimmt wurde. Der Prozessor kann dann auch fortschreiten, um einen neuen relativen Ladezustand der Batterie zu bestimmen, indem die Differenz zwischen dem neuen absoluten Ladezustand der Batterie und dem neu bestimmten Faktor bestimmt wird. Beim Abschließen von Schritt 104 schließt der Prozessor den Lademodus bei Schritt 106 ab und geht weiter zu Schritt 66 in Figur 2, wie zuvor beschrieben.

Es wird wieder auf Figur 2 Bezug genommen und insbesondere auf Schritt 66, worin der Prozessor 26 einen Schritt 66 ausführt, um die während dieser Iteration bestimmten Ladezustandswerte zu begrenzen. Beim Begrenzen der Ladezustandswerte bestimmt der Prozessor zunächst, ob die Kapazität größer als  $z$  ist, wobei  $z$  die maximale erwartete Batteriekapazität für den überwachten Typ repräsentiert. Wenn die Kapazität größer als  $z$  ist, setzt der Prozessor die Kapazität gleich  $z$ .

Wenn der Faktor kleiner als Null ist, setzt der Prozessor den Faktor gleich Null. Wenn der absolute Ladezustand größer als eins ist, dann setzt der Prozessor den absoluten Ladezustand gleich eins. Wenn der absolute Ladezustand kleiner als Null ist, setzt der Prozessor den absoluten Ladezustand auf Null. Wenn der integrierte Ampere-Stunden-Ladezustand größer als eins ist, setzt der Prozessor den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand gleich eins. Wenn der integrierte Ampere-Stunden-Ladezustand kleiner als Null ist, setzt der Prozessor den integrierten Ampere-Stunden-Ladezustand gleich Null. Wenn der relative Ladezustand größer als der absolute Ladezustand minus dem Faktor ist, setzt der Prozessor den relativen Ladezustand gleich dem absoluten Ladezustand minus dem Faktor. Wenn der relative Ladezustand kleiner als Null ist, setzt der Prozessor in Schritt 66 schließlich den relativen Ladezustand gleich Null.

Folgend auf Schritt 66, worin der Prozessor die Ladezustandswerte begrenzt, geht er zu Schritt 68 weiter, um die Ausgabeeinrichtung 32 zu veranlassen, Ausgabesignale auszugeben, die die

Betriebsparameter der Batterie anzeigen. Ein Ausgabesignal kann den relativen Ladezustand der Batterie anzeigen. Ein anderes Ausgabesignal kann den absoluten Ladezustand der Batterie anzeigen. Ein weiteres Ausgabesignal kann die Batteriekapazität anzeigen, die die Batteriekapazität, bei voller Aufladung, bei einer Stromstärke (*curr*) ist. Um die Ausgabeeinrichtung zu veranlassen, dieses Signal auszugeben, bestimmt der Prozessor zunächst die Ausgabebatteriekapazität (*cap*) gemäß der folgenden Beziehung.

$$cap = capacity \times \left( ad - \frac{ae \times |curr|}{|curr| + af} \right) + tempcomp$$

Ein anderes Ausgabesignal, das durch die Ausgabeeinrichtung 32 bereitgestellt wird, kann die Ausgabebatteriekapazität (*dcap*) unter Beibehaltung der Stromstärke (*curr*) anzeigen. Zur Veranlassung der Ausgabeeinrichtung zur Ausgabe dieses Signals (*dcap*) verwendet der Prozessor die folgende Beziehung.

$$dcap = relsoc \times cap$$

Ein anderes Ausgabesignal, das durch die Ausgabeeinrichtung 32 bereitgestellt wird, kann die Zeit zum Leeren der Batterie bei dem Stromniveau (*curr*) anzeigen. Dies ist die Zeit, in der eine 12 volt Batterie auf 10,5 Volt entladen wird, wenn sie fortgesetzt bei dem Stromstärkeniveau (*curr*) entladen wird. Um die Ausgabeeinrichtung zu veranlassen, dieses Signal auszugeben, verwendet der Mikroprozessor die unmittelbar folgende Beziehung.

$$TTE = \frac{dcap}{|curr|}$$

Ein noch weiteres Ausgabesignal kann ein Ausgabesignal sein, das die Ampere-Stunden anzeigt, die benötigt werden, um die Batterie

30.03.00

- 35 -

vollständig aufzuladen. Um die Ausgabeeinrichtung zu veranlassen, dieses Signal auszugeben, verwendet der Mikroprozessor die folgende Beziehung.

$$ccap = (1 - abs soc) \times rated cap$$

Ein anderes Ausgabesignal, das durch die Ausgabeeinrichtung 32 bereitgestellt werden kann, ist ein Signal, das die Zeit zur vollständigen Aufladung der Batterie anzeigt, wenn die Batterie bei einem Stromstärkenniveau (*curr*) aufgeladen wird. Dieses Signal kann als "Zeit bis voll" (*ttf*) bezeichnet werden, und zur Veranlassung der Ausgabeeinrichtung 32, dieses Signal bereitzustellen, verwendet der Prozessor 26 den unmittelbar folgenden Ausdruck.

$$TTE = \frac{ccap}{curr}$$

Ein noch weiteres Ausgabesignal, das durch die Ausgabeeinrichtung 32 zur Anzeige der Betriebsparameter der überwachten Batterie bereitgestellt wird, ist eine empfohlene Ladespannung (*rvolt*). Dieses Signal zeigt eine empfohlene Ladespannung an, die die Ladezeit maximal macht, während Schäden an der Batterie während des Ladens minimiert werden. Zur Veranlassung der Ausgabeeinrichtung 32, dieses Signal bereitzustellen, verwendet der Prozessor die folgende Beziehung.

$$rvolt = ha + \frac{hb}{tempf + hc} - hf \times (relsoc + hd)^{he}$$

Ferner kann die Ausgabeeinrichtung 32 ein Ausgabesignal bereitstellen, das eine kritische Starttemperatur der Batterie anzeigt. Diese Temperatur ist die Temperatur, unterhalb derer die Batterie nicht in der Lage ist, beispielsweise einen Motor zu starten. Zur Veranlassung der Ausgabeeinrichtung 32, dieses

30.03.00

- 36 -

Ausgabesignal bereitzustellen, verwendet der Prozessor 26 die folgende Beziehung.

$$stemp = ja + \frac{jb}{(abssoc)^{jc}} + \frac{jd}{\left(\frac{capacity}{z} - je\right)^{jf}}$$

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, schafft die vorliegende Erfindung eine neue und verbesserte Batterieüberwachungseinrichtung und ein Verfahren zum Überwachen der Betriebsparameter der Batterie. Die Batterieüberwachungseinrichtung der vorliegenden Erfindung ist in der Lage, zu überwachen und Ausgabesignale bereitzustellen, die die Betriebsparameter der Batterie anzeigen, egal ob die Batterie beim Entladen, in Ruhe oder beim Laden ist. Die Betriebsparameter, die durch die Batterieüberwachungseinrichtung der vorliegenden Erfindung bereitgestellt werden, beinhalten nicht nur die Kapazität der Batterie, wenn die Batterie beim Entladen oder Laden ist, sondern außerdem auch den absoluten Ladezustand der Batterie und den relativen Ladezustand der Batterie, egal ob die Batterie beim Entladen, Laden oder in Ruhe ist. Außerdem stellt die Batterieüberwachungseinrichtung der vorliegenden Erfindung andere nützliche Informationen und Anzeigen für einen Benutzer bereit, einschließlich der Zeit, in der die Batterie entladen werden wird, der Zeit, in der die Batterie voll aufgeladen wird, wenn sie beim Laden ist, und eine Anzeige, wenn die Temperatur unterhalb einer kritischen Starttemperatur ist.

Mittels der vorliegenden Erfindung werden solche Anzeigen ermöglicht, ohne die früher erforderlichen Bestimmungen des Innenwiderstands der Batterie. Ferner können solche Anzeigen parallel bereitgestellt werden, ohne daß die Batterie aus ihrer Anwendungsposition entfernt werden muß, um ihren momentanen Ladezustand oder ihre Kapazität unabhängig von ihrem Betriebsmodus zu bestimmen.

30.03.00

- 37 -

Zwar wurde eine bestimmte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben, jedoch können Abwandlungen vorgenommen werden, und es ist daher beabsichtigt, daß in den folgenden Ansprüchen alle solche Änderungen und Abwandlungen abgedeckt werden, die innerhalb des Umfangs der Erfindung liegen.

EP 0 560 468  
(93250054.9)

### Patentansprüche

1. Batterieüberwachungseinrichtung zum Überwachen von Betriebsparametern einer Batterie (12), wobei die Batterieüberwachungseinrichtung eine Überwachungseinrichtung von dem Typ ist, der einen Spannungssensor (20) zum Abfühlen der Spannung der Batterie (12) und zum Bereitstellen eines Spannungssensorsignals, das die Spannung der Batterie (12) anzeigt, einen Stromsensor (18) zum Abfühlen des Stroms der Batterie (12) und zum Bereitstellen eines Stromsensorsignals, das den Strom der Batterie (12) anzeigt, und einen Prozessor (26) zum Lesen des Spannungssensorsignals und des Stromsensorsignals und zum Bereitstellen der Betriebsparameter der Batterie (12) hat, wobei die Batterieüberwachungseinrichtung aufweist:

einen mit dem Prozessor (26) verbundenen Speicher (30);

eine mit dem Prozessor (26) verbundene Ausgabeeinrichtung (32);

wobei der Prozessor (26) die Betriebsparameter der Batterie (12) zu in Abstand zueinander liegenden Berechnungszeiten bestimmt;

wobei der Prozessor (26) ausgewählte der zuletzt bestimmten Betriebsparameter in dem Speicher (30) speichert;

wobei die Ausgabeeinrichtung (32) Ausgabesignale bereitstellt, einschließlich Ausgabesignale, die vorgegebene der Betriebsparametern anzeigen; und



dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) die vorgegebenen der Betriebsparameter zu jeder der in Abstand zueinander liegenden Berechnungszeiten auf Basis des Stromsensensorsignals, des Spannungssensorsignals und der gespeicherten ausgewählten Betriebsparameter der letzten bestimmten Betriebsparameter bestimmt, wobei die vorgegebenen Betriebsparameter einen absoluten Ladezustand, einen relativen Ladezustand, eine korrigierte Batteriespannung im Entlademodus und einen Faktor umfassen, wobei der absolute Ladezustand der Batterie (12) ein Prozentsatz der momentanen Batteriekapazität ist, der relative Ladezustand der Batterie (12) ein Prozentsatz der bei einer bestimmten Entladestromstärke verfügbaren Batteriekapazität ist, die korrigierte Batteriespannung auf der Temperatur basiert, und der Faktor die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie (12) und dem relativen Ladezustand der Batterie (12) ist, und wobei der relative Ladezustand der Batterie (12) auf der korrigierten Batteriespannung im Entlademodus basiert.

2. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß, wenn die Batterie beim Entladen ist, der Prozessor (26)

den absoluten Ladezustand der Batterie (12) aus der Summe des relativen Ladezustands der Batterie (12) und des Faktors, und

die korrigierte Batteriespannung in Reaktion auf das Spannungssensorsignal und das Stromsensensorsignal

bestimmt.

3. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 2, weiter gekennzeichnet durch einen Temperatursensor (22) zum Abfühlen der Temperatur der Batterie (12) und zum Bereitstel-

len eines Temperatursensorsignals, das die Temperatur der Batterie (12) anzeigt, zu dem Prozessor (26) und dadurch, daß der Prozessor (26) die korrigierte Spannung in Reaktion auf das Temperatursensorsignal bestimmt.

4. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) das zuletzt ausgelesene Stomsensorsignal und den zuletzt bestimmten Faktor der Batterie (12) in dem Speicher (30) speichert, das der Prozessor (26) eine Nennkapazität der Batterie (12) und eine momentane Kapazität der Batterie (12) bestimmt, und daß der Prozessor (26) den Faktor auf Grundlage der Nennkapazität der Batterie (12), der momentanen Kapazität der Batterie (12), des gespeicherten zuletzt bestimmten Faktors der Batterie (12), der Zeit seit der letzten Bestimmungszeit und des gespeicherten zuletzt ausgelesenen Stomsensorsignals bestimmt.
5. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 4, weiter gekennzeichnet durch einen Temperatursensor (23) zum Abfühlen der Temperatur der Batterie (12) und zum Liefern eines Temperatursignals, das die Temperatur der Batterie (12) anzeigt, zu dem Prozessor (26) und dadurch, daß der Prozessor (26) auf das Temperatursensorsignal reagiert, um einen Temperaturkompensationswert für die Bestimmung der Nennkapazität (12) und der momentanen Kapazität der Batterie (12) zu bestimmen.
6. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß immer wenn die Batterie (12) in Ruhe ist, der Prozessor (26)  
  
eine Leerlaufspannung der Batterie basierend auf dem Spannungssensorsignal und dem Stromsensorsignal, und

aus der Leerlaufspannung einen Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie (12) bestimmt.

7. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 6, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) feststellt, ob der Leerlaufspannungs-Ladezustand genau ist, und den absoluten Ladezustand der Batterie (12) gleich dem Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie (12) setzt, wenn der Prozessor (26) feststellt, daß der Leerlaufspannungs-Ladezustand genau ist.
8. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 7, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) feststellt, daß der Leerlaufspannungs-Ladezustand genau ist, wenn die Batterie (12) für eine Zeitperiode größer als eine erste Zeitperiode in Ruhe war.
9. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 8, weiter gekennzeichnet durch einen Zeitgeber (24) zum Bestimmen der Zeit, die die Batterie (12) in Ruhe ist.
10. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 8, weiter dadurch gekennzeichnet, daß, wenn die Batterie (12) für eine zweite Zeitperiode in Ruhe war, der Prozessor (26) den absoluten Ladezustand der Batterie (12) gleich dem Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie (12) setzt, und den absoluten Ladezustand der Batterie (12) auf einen gegebenen Wertebereich einschränkt, wenn der Leerlaufspannungs-Ladezustand der Batterie (12) außerhalb des gegebenen Wertebereichs liegt.
11. Überwachungseinrichtung nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) den Wert des berechneten relativen Ladezustands der Batterie (12) begrenzt und

den begrenzten relativen Ladezustandswert der Batterie (12) in dem Speicher (30) speichert, und daß der Prozessor (26) den berechneten relativen Ladezustand der Batterie (12) begrenzt zwischen der Differenz aus dem letzten gespeicherten begrenzten relativen Ladezustandswert und der Größe einer ersten Konstanten multipliziert mit dem von der Batterie (12) verbrauchten Ladezustand und der Differenz aus dem letzten gespeicherten begrenzten Ladezustandswert und der Größe einer zweiten Konstanten multipliziert mit dem durch die Batterie (12) verbrauchten Ladezustand.

12. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26), wenn die Batterie (12) beim Laden ist, einen Gasungsstrom der Batterie (12) basierend auf dem Spannungssensorsignal bestimmt, wobei der Gasungsstrom die Menge an Ladestrom repräsentiert, die nicht zum Wiederaufladen der Batterie (12) verwendet wurde.
13. Batterieüberwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) basierend auf dem Stromsensorsignal feststellt, ob die Batterie (12) in Ruhe, in einem Ladezustand oder in einem Entladezustand ist.
14. Batterieüberwachungseinrichtung nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebenen Betriebsparameter wenigstens einen Betriebsparameter aus dem Satz der Betriebsparameter enthalten, der die vollaufgeladene Ausgabekapazität der Batterie (12) bei einem gegebenen Entladestrom, die verbleibende Ausgabekapazität der Batterie (12) bei einem gegebenen Entladestrom, die Zeit zum Leeren der Batterie (12), die die Zeit, in der die Batterie (12) bei einem gegebenen Entladestrom vollständig entladen wird, repräsentiert, die erforderlichen Amperestunden, um die Batterie (12) vollständig aufzuladen, die Zeit zum voll-

ständigen Aufladen der Batterie (12) bei einem gegebenen Ladestrom, eine empfohlene Ladespannung zum Aufladen der Batterie (12) und eine kritische Starttemperatur der Batterie (12) umfassen.

15. Batterieüberwachungseinrichtung (10) nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) ferner zu jeder der Berechnungszeiten den Faktor, der die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie (12) und dem relativen Ladezustand der Batterie (12) repräsentiert, bestimmt und im Speicher (30) speichert, indem, wenn die Batterie (12) beim Aufladen ist, die Differenz zwischen einem zuvor in dem Speicher (30) gespeicherten Faktor und dem der Batterie (12) seit der letzten Berechnungszeit hinzugefügten Ladezustand bestimmt wird, und daß der Prozessor den relativen Ladezustand der Batterie (12) auf Grundlage des absoluten Ladezustands der Batterie (12) und des zuletzt bestimmten, in dem Speicher (30) gespeicherten Faktors bestimmt.

16. Verfahren zur Überwachung des absoluten Ladezustands einer Speicherbatterie (12), wobei das Verfahren aufweist:

Abfühlen der Spannung der Batterie (12) und Liefern eines Spannungssensorsignals zu einem Prozessor (26);

Abfühlen des Batteriestroms und Liefern eines Stromsensor-signals zu dem Prozessor (26);

Bewirken, daß der Prozessor (26) zu jeder aus einer Vielzahl von aufeinanderfolgenden, in Abstand zueinander liegenden Berechnungszeiten

die Nennkapazität der Batterie (12),

die momentane Kapazität der Batterie (12),

den durch die Batterie (12) verbrauchten Ladezustand berechnet, wobei der durch die Batterie verbrauchte Ladezustand bestimmt wird als der letzte Batteriestrom multipliziert mit der Zeitdauer seit der letzten Berechnungszeit, multipliziert mit -1 und geteilt durch die Nennkapazität; und

dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (26) veranlaßt wird, ferner folgendes zu jeder der in Abstand zueinander liegenden Berechnungszeiten zu berechnen:

- a) in einem Entlademodus eine korrigierte Batteriespannung auf Grundlage einer Temperatur;
- b) einen absoluten Ladezustand der Batterie (12), wobei der absolute Ladezustand der Batterie (12) ein Prozentsatz der momentanen Batteriekapazität ist;
- c) einen relativen Ladezustand der Batterie (12) auf Grundlage der korrigierten Batteriespannung in dem Entlademodus, wobei der relative Ladezustand ein Prozentsatz der momentanen verfügbaren Batteriekapazität bei einer bestimmten Entladestromstärke ist;
- d) einen Faktor der Batterie (12), der die Differenz zwischen dem absoluten Ladezustand der Batterie (12) und dem relativen Ladezustand der Batterie (12) repräsentiert; und

ein Ausgabesignal bereitgestellt wird, das den absoluten Ladezustand der Batterie (12) anzeigt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, weiter gekennzeichnet durch den Schritt der Berechnung des durch die Batterie (12) verbrauchten Ladezustands, wenn die Batterie (12) in einem Ladezustand ist, indem die Differenz zwischen dem Gasungsstrom,

30.03.00

- 45 -

abgeleitet aus dem Spannungssensorsignal, und dem Stromsensorsignal mit der Zeit seit der letzten Berechnungszeit multipliziert wird und durch die Nennkapazität der Batterie (12) geteilt wird.

0560 468

30.03.00

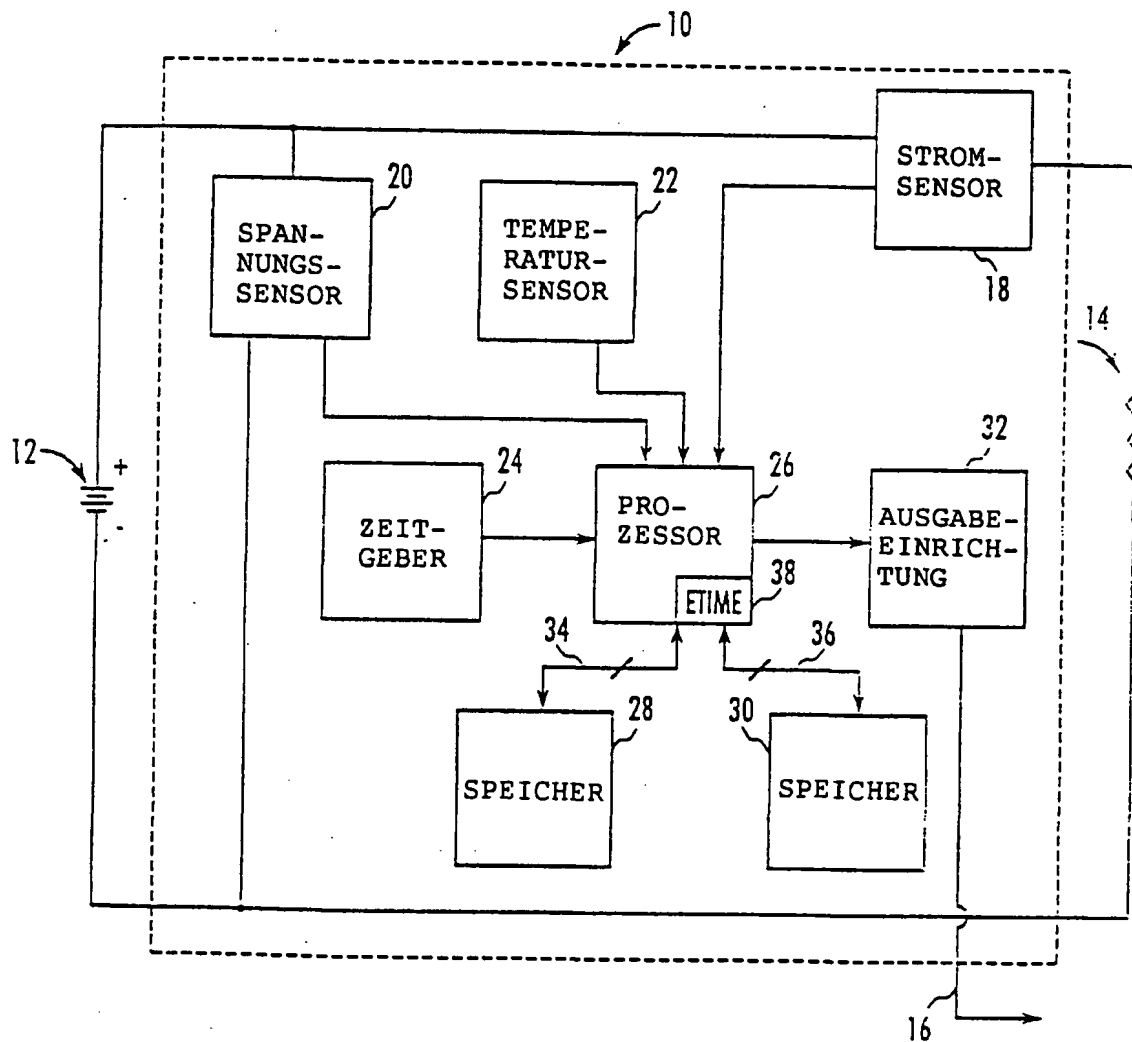


FIG. 1



30.03.00

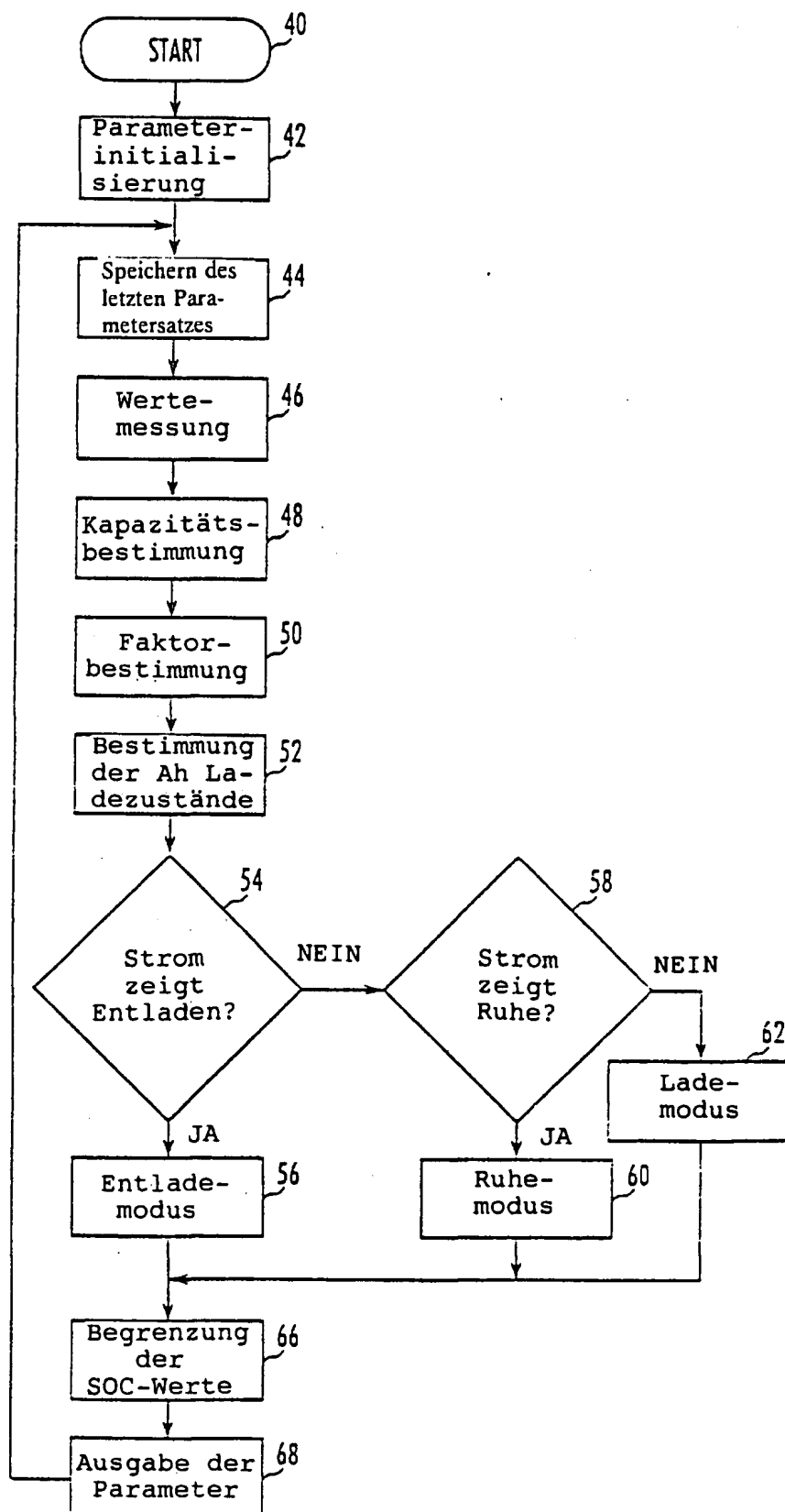


FIG. 2

30.03.00

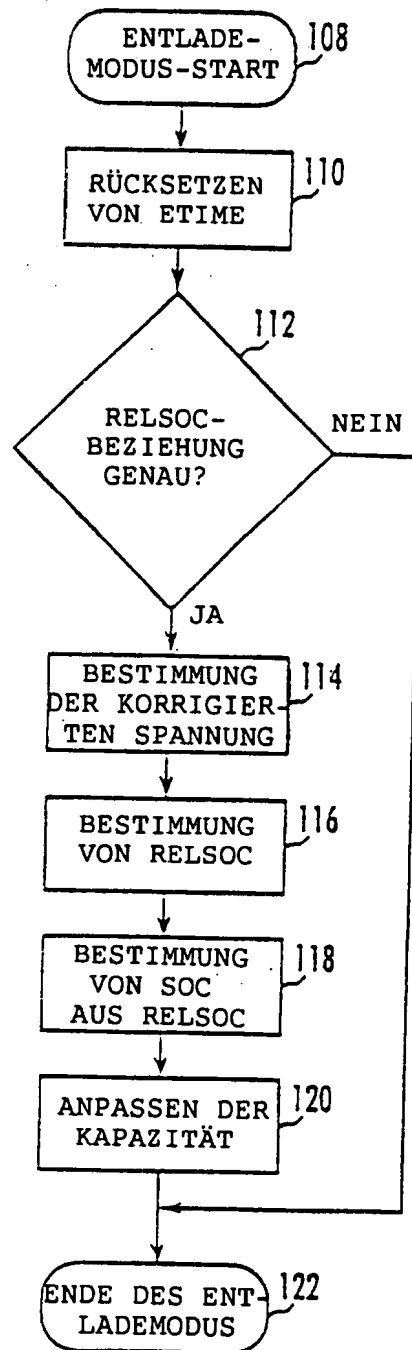


FIG. 3

30.03.00

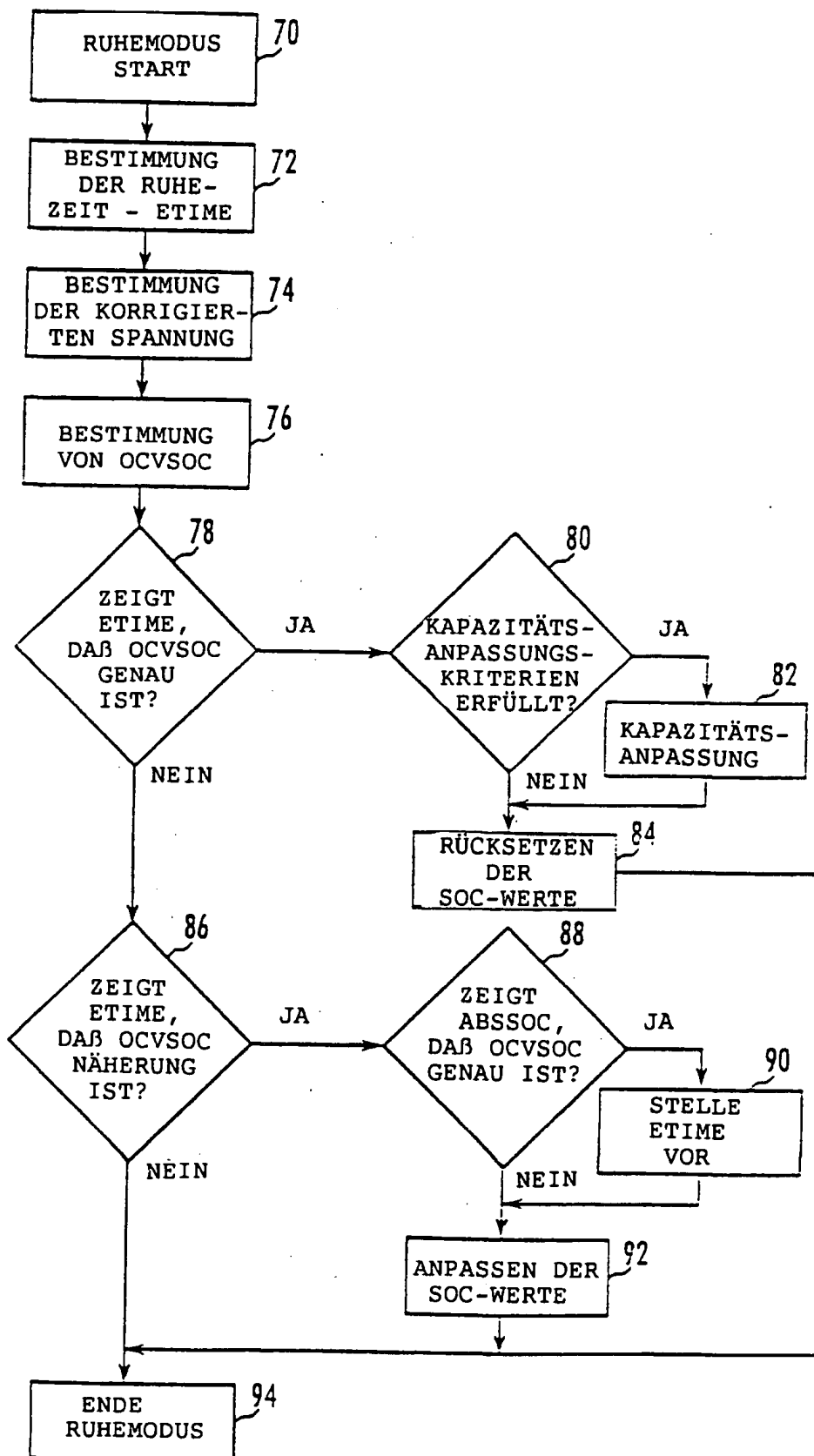


FIG. 4

30.03.00

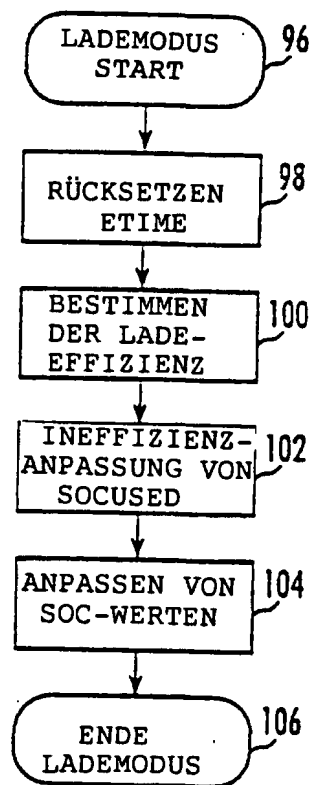


FIG. 5